

München 1960

Geologische Untersuchungen im Ries
auf den Kartenblättern Donauwörth und Genderkingen

Kurt Schetelig



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555206_0073

GEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM RIES
AUF DEN KARTENBLÄTTERN DONAUWÖRTH UND GENDERKINGEN
(Beitrag zum Problem der Entstehungsgeschichte des Nördlinger Rieses)

Auszug
aus der
Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der
Naturwissenschaftlichen Fakultät
der
Ludwig-Maximilians-Universität
zu
München

vorgelegt von
Kurt Schetelig
aus
Hamburg

München 1960



1. Berichterstatter: Prof. Dr. R. Dehm

Tag der mündlichen Prüfung: **27. JULI 1960**

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Einleitung	1
A. Stratigraphie im südöstlichen Vorries	1
I. Die vorriesischen Formationen	1
1. Der Weisse Jura (Malm)	1
a) Unterer Weissjura	1
b) Weissjura γ	2
c) Weissjura δ	3
d) Weissjura ϵ	5
e) Weissjura ζ	7
f) Die Bedeutung der Riesschwelle für die Gesteinsausbildung im Mittleren und Oberen Weissen Jura	8
2. Die Oberkreide	9
3. Das vorriesische Tertiär	9
a) Chattische Süßwasserkalke	9
b) Obere Meeresmolasse (Mittelhelvet)	9
c) Obere Süßwassermolasse (Oberhelvet und Torton)	11
d) Die Sonderstellung des Rieses während des Tertiärs und ihre Bedeutung für die Ablagerung und Verbreitung der Molassesedimente	14
II. Die riesischen Formationen	15
Bunte Bresche	15
III. Die nachriesischen Formationen	16
1. Das Jungtertiär	16
Höhensand von Hafenreut	16
2. Das Quartär	16
B. Regionale Beschreibung	17
1. Die vorwiegend autochthonen Gebiete	17
2. Die vorwiegend allochthonen Gebiete	18
C. Geologische Geschichte	19
1. Die paläogeographische und tektonische Vorgeschichte des Riesereignisses	19
2. Das Riesereignis	21
3. Die nachriesische Landschaftsentwicklung	25
Zusammenfassung	26
Literaturverzeichnis	27

EINLEITUNG

Die Dissertation bildet die Fortsetzung der im Jahre 1925 von NATHAN begonnenen geologischen Aufnahme des Rieses im Masstab 1:25 000. Das Arbeitsgebiet liegt im südöstlichen Vorries. An der Umrandung des Rieskessels ist es nicht unmittelbar beteiligt.

Tiefen Dank möchte ich meinem hochverehrten Lehrer,

Herrn Prof. Dr. R. Dehm,

aussprechen, der stets seine lebhafte Anteilnahme am Fortgang der Arbeit bezeugte und mich im Institut und Gelände immer bereitwillig unterstützte. Zu Dank verpflichtet bin ich auch den Herren Dr. K. W. Barthel, Priv. Doz. Dr. H. Hagn und Dr. H. K. Zöbelein für ihre Hilfe bei der Fossilbestimmung. Herrn Dr. F. Trusheim, Gewerkschaft Brigitta, Hannover, danke ich für die finanzielle Unterstützung, die die Gesellschaft während der Geländearbeiten gewährte.

A. STRATIGRAPHIE IM SÜDÖSTLICHEN VORRIES

I. DIE VORRIESISCHEN FORMATIONEN

1. Der Weisse Jura (Malm)

a) Unterer Weisser Jura

In allochthonen Schollen finden sich je ein Vorkommen von Weissjura α (Impressamergel) und Weissjura β_2 (Planulazone). Aus ihnen stammen folgende Fossilien:

Weissjura α :	Cardioceras ovale (QUENSTEDT)
	Aulacothyris impressa (BRONGNIART)
	Balanocrinus subteres (MÜNSTER)
Weissjura β_2 :	Taramelliceras falcula (QUENSTEDT)
	Taramelliceras tenuinodosum (WEGELE)
	Perisphinctes lusitanicus SIEMIRADZKI

b) Weissjura γ

Auch der Weissjura γ tritt nur in Fremdschollen auf, alle 3 Zonen sind im Blattgebiet vertreten.

Aus der Platynotazone (Weissjura γ_1) stammen:

Perisphinctes subachilles WEGELE
Ataxioceras crassocostatum WEGELE
Ataxioceras cf. *desmoides* WEGELE

Die Suberinumzone (Weissjura β_2) ist belegt durch:

Taramelliceras nodosiusculum (FONTANNES)
Streblites tenuilobatus (OPPEL)
Glochiceras nimbatum (OPPEL)
Ataxioceras discobolum (FONTANNES)
Ataxioceras güntheri (OPPEL)
Ataxioceras inconditum (FONTANNES)
Ataxioceras latifasciculatum WEGELE
Ataxioceras lothari (OPPEL)
Involuticeras involutum (QUENSTEDT)

Aus der Dentatumzone (Weissjura γ_3) ist ein Profil aus den Similibänken und den Crussoliensismergeln in allochthoner Lagerung bei Wörnitzstein aufgeschlossen. Nicht weit entfernt stehen in einer anderen Fremdscholle die Balderusbänke im Verband mit Weissjura δ an. Aus den einzelnen Abschnitten stammen folgende Fossilien:

1) Similibänke:

Taramelliceras compsum holbeini (OPPEL)
Taramelliceras strombecki (OPPEL)
Ataxioceras cf. *discobolum* (FONTANNES)
Ataxioceras lothari (OPPEL)
Ataxioceras cf. *polyplacum* (REINECKE)
Pseudomonotis similis (GOLDFUSS)

2) Crussoliensismergel, 120 cm, (zusammen mit den beiden obersten Similibänken und den untersten Balderusbänken):

Taramelliceras compsum compsum (OPPEL)
Taramelliceras pseudoflexuosum (FAVRE)
Streblites levipictus (FONTANNES)
Glochiceras cf. *crenosum* (QUENSTEDT)
Creniceras dentatum (REINECKE)

Ataxioceras sp.
Perisphinctes garnieri FONTANNES
Perisphinctes cf. *breviceps* (QUENSTEDT)
Hibolites hastatus MONTFORT
Pholadomya acuminata HARTMANN

3) Balderusbänke:

Taramelliceras compsum (OPPEL)
Taramelliceras pseudoflexuosum (FAVRE)
Streblites tenuilobatus (OPPEL)
Streblites cf. *levipictus* (FONTANNES)
Glochiceras crenosum (QUENSTEDT)
Ataxioceras cf. *inconditum* (FONTANNES)
Perisphinctes aff. *ardescicus* FONTANNES
Perisphinctes cf. *breviceps* (QUENSTEDT)
Perisphinctes ernesti (QUENSTEDT)
Perisphinctes cf. *lacertosus* FONTANNES
Perisphinctes cf. *progeron* AMMON
Perisphinctes cf. *stenocyclus* FONTANNES
Perisphinctes cf. *subdolos* FONTANNES
Nebroditis peltoides (GEMMELARO)
Nebroditis agrigentinus (GEMMELARO)

Die Schichtfolgen lassen sich recht gut mit den von WEGELE (1929, S. 182) und von ZIEGLER (1955, S. 45) beschriebenen Profilen vergleichen. Aus einer Gegenüberstellung der Fauna der einzelnen Zonen geht hervor, dass die reiche *Ataxioceraten*fauna des mittleren Weissjura γ an der Grenze von *Similibänken* und *Crussoliensismergeln* stark zurückgeht und durch eine *Perisphincten*- und *Taramelliceraten*fauna ersetzt wird, die im Ober- γ und im Weissjura δ das Faunenbild beherrscht.

c) Weissjura δ

Die Bankkalke des Weissjura δ wurden lange Zeit in Anlehnung an ROLL (1931) als pseudoolithische, brecciöse Schuttkalke gedeutet. G. K. FRITZ (1958) konnte nachweisen, dass es sich bei den unregelmässig begrenzten Kalkkörpern in dem Gestein um unvollständig verkalkte Schwämme handelt. Die Einzelkörper bezeichnet er als "Tuberoide", das Gestein als "Tuberolith". Nach FRITZ spiegelt sich die zunehmende Besiedlung des Meeresbodens durch Schwämme im Mittleren und Oberen Weissjura in der Gesteinsfolge Tuberolithe, Schwammdickbänke und Massenkalk wider. FRITZ glaubt, dass die geschichteten Kalke des Weissjura δ in mässiger Wassertiefe von 50-150 m entstanden sind. Die Massen-

kalke, die wohl optimale Umweltsverhältnisse für die relativ anspruchslosen Schwämme voraussetzen, dürften in geringerer Tiefe gebildet worden sein.

Der Weissjura δ tritt innerhalb des Kartierungsgebietes nur in allochthonen Schollen auf. Es wurde versucht, die verhältnismässig mächtige Schichtfolge mit Hilfe der Fossilien in einen unteren und oberen Teil zu gliedern. Dabei ergab sich, dass bei den im Westen gelegenen Fremdschollen im Wörmitztal nur der untere Weissjura δ in geschichteter Fazies vorliegt. Der in einigen Steinbrüchen aufgeschlossene, konkordante Übergang zum Massenkalk erfolgt hier bereits während des δ . Es gelang auch der Nachweis, dass einzelne Massenkalk stratigraphisch noch zu dieser Stufe gehören. In den weiter östlich, am Schellenberg gelegenen Fremdschollen kommt auch oberer Weissjura δ in Schichtfazies vor.

Aus dem unteren Weissjura δ fand sich folgende Fauna:

Taramelliceras compsum holbeini (OPPEL)
Taramelliceras pseudoflexuosum (FAVRE)
Streblites levipictus (FONTANNES)
Glochiceras nimbatum (OPPEL)
Perisphinctes cf. *abadiensis* CHOFFAT
Perisphinctes ardesicus FONTANNES
Perisphinctes breviceps (QUENSTEDT)
Perisphinctes ernesti (QUENSTEDT)
Perisphinctes cf. *praenuntinans* FONTANNES
Perisphinctes cf. *progeron* AMMON
Perisphinctes cf. *stenocyclus* FONTANNES
Nebroditcs cafisii (GEMMELARO)
Nebroditcs cf. *herbichi* (HAUER)
Nebroditcs peltoides (GEMMELARO)
Lamellaptychus lamellosus (PARKINSON)
Hibolites hastatus MONTFORT
Pholadomya acuminata HARTMANN
Chlamys subtextoria (MÜNSTER)
Entolium cingulatum (GOLDFUSS)
Pleurotomaria cf. *sublineata* MÜNSTER
Rhynchonella lacunosa (SCHLOTHEIM)
Terebratula bisuffarcinata SCHLOTHEIM

Die Fossilien des oberen Weissjura δ stammen zum Teil aus Massenkalken, in die einzelne fossilführende Dickbänke eingeschaltet sind. Eine riffkanalähnliche Rinne lieferte eine individuenreiche Brachiopoden- und Schwammfauna. Folgende Arten konnten bestimmt werden:

Taramelliceras compsum (OPPEL)
Glochiceras cf. *modestum* ZIEGLER
Glochiceras nimbatum (OPPEL)
Perisphinctes aff. *ardescicus* FONTANNES
Perisphinctes ernesti (QUENSTEDT)
Perisphinctes cf. *modestus* SCHNEID
Aspidoceras caletanum (OPPEL)
Aulacostephanus eudoxus (d'ORBIGNY)
Aulacostephanus pseudomutabilis (LORIOLO)
Entolium cingulatum (GOLDFUSS)
Eligmus gregarius (SOWERBY)
Eligmus hastellatus (SCHLOTHEIM)
Cidaris coronata (GOLDFUSS)
Rhynchonella lacunosa (SCHLOTHEIM)
Terebratula bisuffarcinata SCHLOTHEIM
Terebratula insignis SCHÜBLINGER
Terebratula zietenii LORIOLO
Platychonia vagans (QUENSTEDT)
Hyalotragos patella (GOLDFUSS)
Hyalotragos cf. *pezizoides* (GOLDFUSS)
Cypellia rugosa (GOLDFUSS)
Sporadopyle obliqua (GOLDFUSS)
Stellispongia glomerata (QUENSTEDT)

d) Weissjura ε

Innerhalb des Kartierungsgebietes tritt der Weissjura ε nur in der Massenfazies auf. Zumeist liegt er als Felsenkalk vor, der Frankendolomit tritt stark zurück. Die Kalke bilden den autochthonen Jurauntergrund, der aber nur im östlichen Teil des Gebietes in nennenswerten Vorkommen zu Tage tritt, im Westen ist er von Tertiär und Riestrümmermassen verhüllt. Auch an der Zusammensetzung der allochthonen Schollen ist der Felsenkalk stark beteiligt.

Der recht fossilarme Massenkalk führt nur vereinzelt einige Lamellibranchiaten, Brachiopoden und Schwämme. Möglicherweise gehören die höheren Teile des Massenkalks bereits stratigraphisch zum unteren Weissjura ξ.

Die geschichtete Fazies des Weissjura ε findet sich nur in einem Abschnitt des Steinbruchs des Märkerwerks in Harburg (siehe S. 17). Dort ist eine Schlüssel mit geschichteten Kalken innerhalb des ausgedehnten, südlichen Massenkalkkomplexes aufgeschlossen. Eine sehr reiche Fauna aus der Subeumela- und Setatuszone wurde gefunden (häufige Arten mit + versehen):

Taramelliceras compsum (OPPEL)	
Taramelliceras cf. pugile (NEUMAYR)	+
Taramelliceras wepferi (BERCKHEMER)	+
Oxyoppelia fischeri (BERCKHEMER)	
cf. Haploceras subelimum FONTANNES	
Glochiceras cf. lens (BERCKHEMER)	
Glochiceras pseudocarachteis (FAVRE)	
Perisphinctes ardesicus FONTANNES	
Perisphinctes cf. stenocyclus FONTANNES	
Perisphinctes cf. subdulus FONTANNES	
Perisphinctes cf. praenuntians FONTANNES	
Perisphinctes aff. modestus SCHNEID	
Perisphinctes atavus SCHNEID	
Perisphinctes isolatus SCHNEID	
Sutneria subeumela SCHNEID	++
cf. Sutneria pedinopleura SEEGER	
Aspidoceras haynaldi NEUMAYR	
Aspidoceras hermanni BERCKHEMER	+
Aspidoceras bispinosum (ZIETEN)	+
Aspidoceras polysarcum FONTANNES	
Aspidoceras aff. microplum (OPPEL)	
Aspidoceras longispinum (SOWERBY)	+
Lamellaptychus lamellosus (PARKINSON)	+
Lamellaptychus lithographicus var. curvata (OOSTER)	
Laevaptychus latus (PARKINSON)	
Nautilus franconicus (OPPEL)	
Hibolites hastatus MONTFORT	+
Arca (Barbatia) hecabe (d'ORBIGNY)	
Barbatia cf. pectinata (PHILLIPS)	
Isoarca cordiformis (ZIETEN)	
Pleuromya sinuosa (ROEMER)	
Plagiostoma cf. rigida (GOLDFUSS)	
Chlamys subtextoria (MÜNSTER)	
Entolium cingulatum (GOLDFUSS)	+
Plicatula silicea QUENSTEDT	
Modiola sp.	
Lithodomus valfinensis (LORIOLO)	
Rhynchonella lacunosa (SCHLOTHEIM)	
Rhynchonella trilobata (ZIETEN)	
Terebratulina insignis SCHÜBL.	

Nach der Art des Vorkommens handelt es sich um eine Thanatocoenose, die einzelnen Individuen sind in der Schüssel zusammengeschwemmt worden. Auffallend ist neben der grossen Häufigkeit von *Sutneria subeumela* die starke Beteiligung der Gattung *Aspidoceras*, sie ist wesentlich stärker vertreten als in geschichteten Kalken des Weissjura δ oder ξ .

e) Weissjura ξ

Südlich von Kaisheim sind in einem Steinbruch geschichtete Kieselkalke aufgeschlossen. Die Einzelbänke von 20-120 cm Mächtigkeit bestehen aus einer dunklen Hornsteinlage an der Basis, die nach oben in helle, weisse Kalke übergeht, die häufig eine auffallende Feinschichtung zeigen. Dieser eigenartige Aufbau scheint durch eine Wanderung der Kieselsäure innerhalb der Einzelbänke im noch nicht verfestigten Sediment entstanden zu sein. Es wird angenommen, dass während der Diagenese, vielleicht auch noch in späterer Zeit, die Kieselsäure ausgelaugt und an der Basis infolge einer Änderung des Chemismus in den Schichten wieder ausgeschieden wurde.

Folgende Fossilfunde gestatten eine Einstufung in den Weissjura ξ_1 , die Zone des *Hybonotoceras hybonotum*:

Glochiceras lithographicum (OPPEL)
Taramelliceras prolithographicum (FONTANNES)
Perisphinctes cf. *ardescicus* FONTANNES
Lithacoceras cf. *siliceum* (QUENSTEDT)
Virgatosphinctes cf. *eystettensis* SCHNEID
Virgatosphinctes cf. *moersheimensis* SCHNEID
Virgatosphinctes cf. *supinus* SCHNEID
Virgatosphinctes cf. *ulmensis* (OPPEL)
Laevaptychus latus (PARKINSON)

Die im Überdeckungslehm, vor allem auf den Hochflächen verbreiteten Kieselplatten - geschichtete Gesteine, die meist völlig entkalkt sind - bezeugen eine in früherer Zeit wesentlich ausgedehntere Verbreitung des Oberen Weissen Jura. Die beiden aufgefundenen Ammoniten

Perisphinctes aff. *modestus* SCHNEID
Lithacoceras cf. *siliceum* (QUENSTEDT)

gestatten nur eine Einstufung in Weissjura-Ober- ϵ bis Unter- ξ .

f) Die Bedeutung der Riesschwelle für die Gesteinsausbildung im
Mittleren und Oberen Weissen Jura

Das Ries nahm lange Zeiten der Erdgeschichte hindurch eine Sonderstellung als Schwellenregion zwischen dem schwäbischen und fränkischen Sedimentationsraum ein. Während des Weissen Jura wirkt sich diese Stellung in einer schon von verschiedenen Autoren beobachteten Faziesdifferenzierung aus. DEHM (1931, S. 225) deutet die örtlich auftretende Verschwammung zwischen Weissjura β_1 und γ_2 und die verringerte Mächtigkeit als Zeichen einer geringeren Meerestiefe. Im Weissjura δ dauern jedoch die Schichtkalke in der Regel bis zur stratigraphischen Grenze δ/ϵ an. Ein vollständiges Profil des Weissjura δ in gebankten Kalken beschreibt WEBER (1941, S. 61) von Blatt Wemding. Auch auf Blatt Harburg fanden sich gebankte Kalke des oberen Weissjura δ . SCHALK (1957, S. 17) konnte auf Blatt Bissingen an zahlreichen Stellen Schichtkalke des Weissjura-Ober- δ feststellen. Im westlichen Vorries setzt die Schwammfazies nach den Untersuchungen ZIEGLERs (1955, S. 49, Abb. 7) in der Umgebung von Aalen im δ_4 und bei Bopfingen im oberen δ_3 ein. Im autochthonen Jura finden sich also in den aufgeführten Gebieten keine Anzeichen einer frühzeitig einsetzenden Verschwammung. Eine Ausnahme hiervon bilden nur die zentral gelegenen Blätter Möttingen und Ederheim. Hier stellte NATHAN (1925, S. 55; 1935, S. 18) fest, dass der Massenkalk über der Dentatumzone einsetzt und die geschichteten Kalke des Weissjura δ fehlen.

Bei der Untersuchung der Aufschlüsse im Gebiet um Donauwörth ergab sich nun, dass in verschiedenen Fremdschollen die Fazies der Schwammkalke merklich unterhalb der δ/ϵ -Grenze einsetzt. An 5 Punkten im Wörnitztal konnte nachgewiesen werden, dass Massenkalk bereits gegen Ende des Unter- δ einsetzen, bzw. dass manche Massenkalkkomplexe stratigraphisch noch dem Weissjura δ angehören. Nur östlich des Kaibachs kommen gebankte Kalke des oberen Weissjura δ vor. Mit Vorbehalt kann daraus geschlossen werden, dass die entlang der Wörnitz gelegenen Schollen aus der weiteren Umgebung von Möttingen, also dem zentralen Teil des Riesessels stammen. Die dort frühzeitig einsetzende Verschwammung kann als Hinweis für den Einfluss der Riesschwelle auf die Gestaltung des Meeresbodens im Mittleren Weissen Jura gewertet werden. (Vgl. S. 3). Ob auch im Oberen Weissen Jura diese Sonderstellung aufrecht erhalten blieb, kann nicht beurteilt werden. Im Weissjura ϵ und ζ wurden neben den herrschenden Massenkalken auch geschichtete Kalke abgelagert. Sedimente, die eine genauere Auskunft über den Rückzug des Meeres nach Südosten geben könnten, konnten nicht aufgefunden werden.

2. Die Oberkreide

In Riestrümmermassen fanden sich rötliche Sandsteine, die dem Mörsheimer Bryozoenquarzit entsprechen.

3. Das vorriesische Tertiär

a) Chattische Süßwasserkalke

Chattische Süßwasserkalke mit

Zonites sp.

Coretus cornu (BRONGNIART)

fanden sich vereinzelt in Bunter Bresche. Südwestlich von Kaisheim kommen Kalke vor, die dem oberoligocänen Landschneckenkalk von Gunzenheim (DEHM 1931, S. 155 ff.) entsprechen. Sie enthielten die Arten:

Klikia osculum osculum (THOMAE)

Cepaea cf. *alloiodes* (THOMAE)

Cepaea cf. *subsulcosa* (THOMAE)

b) Obere Meeresmolasse (Mittelhelvet)

Die Ablagerungen der Oberen Meeresmolasse - Sande, Mergel und an der Basis grosse, von Pholaden angebohrte Gerälle - finden sich in bescheidenen Vorkommen im Lochbach und an den Hängen des Wörnitztales. Die Mächtigkeit ist recht gering und dürfte nur etwa 3m betragen. Charakteristisch sind eingeschaltete Austernbänke mit der Art

Crassostrea gryphoides (SCHLOTHEIM).

Weitere Makrofossilien sind durch die Schalen des Krebses *Balanus* und die Bohrlöcher von *Pholas* und *Vioa* belegt. Ausserdem fand sich eine kleinwüchsige, meist schlecht erhaltene Foraminiferenfauna (häufige Arten mit + versehen):

Lagena laevis (MONTAGU)

Robulus sp.

Nonion commune (d'ORBIGNY) ++

Elphidium antoninum (d'ORBIGNY)

Elphidium glabratum CUSHMAN +

Buliminella elegans (d'ORBIGNY)

Bulimina elongata subulata CUSHMAN u. PARKER

Bulimina elongata d'ORBIGNY
Virgulina schreibersiana CZJCEK
Bolivina dilatata REUSS
Hopkinsina bononiensis (FORNASINI)
Ammonia beccarii (LINNE) ++
Globigerina sp.
Anomalina sp.
Cibicides boueanus (d'ORBIGNY)

Diese Fauna gestattet mit Vorbehalt eine Einstufung ins Mittelhelvet. Bei einem Vergleich mit der Gliederung der Oberen Meeresmolasse im Beckeninneren (LEMCKE, ENGELHARDT u. FÜCHTBAUER 1953, S. 20 ff.) können die Sande und Mergel in der Umgebung von Donauwörth mit der Feinsandserie des II. Zyklus parallelisiert werden. Es lässt sich damit deutlich das langsame Vorrücken des Molassemeeres gegen die Alb verfolgen: Der I. Zyklus (Unterhelvet) ist auf das Beckeninnere beschränkt. Der II. Zyklus beginnt noch während des Unterhelvet mit dem Baltringer Horizont und erreicht erst im Mittelhelvet den nördlichsten Abschnitt bei Donauwörth (vgl. HÜTTNER 1958, S. 51).

Im Beckeninneren ist eine Verarmung der Mikrofauna nach oben hin festzustellen, was auf eine ständige Verschlechterung der Lebensbedingungen hinweist. Diese Frage wurde an Hand der aufgefundenen Fossilien für das Küstengebiet untersucht. Bezeichnend für die Fauna ist die auch bei einer grossen Individuenzahl hervorstechende Arten- und Gattungsarmut. Die Makrofauna besteht nur aus Faziesfossilien der Brandungszone wie *Crassostrea*, *Pholas*, *Balanus* und *Vioa*. Aus einem Vergleich der Lebensbedingungen von *Crassostrea gryphoides* und der eng verwandten rezenten Art *Crassostrea virginica* (GMELIN) geht hervor, dass die Austernbänke der Meeresmolasse wohl in einem seichten, warmen Meeresstreifen mit einem mittleren Salzgehalt von 1,0-3,0‰ gebildet wurden (RUTSCH 1955, S. 459). Ein ähnliches Bild ergibt sich aus der Betrachtung der Mikrofauna. Die Foraminiferen sind ausgesprochen kleinwüchsig und zuweilen stark korrodiert. Für die Verteilung der einzelnen Gattungen ist einerseits das fast völlige Fehlen der pelagischen *Globigerinen*, andererseits die starke Beherrschung des Faunenbildes durch die Art *Ammonia beccarii* charakteristisch, die 70-80% aller Individuen umfasst. *Ammonia beccarii* zeigt ebenso wie die häufigen Gattungen *Elphidium* und *Nonion* eine gewisse Ausstüßung an.

Der Vergleich der Lebensbedingungen der Austern und der Foraminiferen zeigt, dass eine euryhaline Fauna eines warmen, sandigen und schlammigen Küstenstreifens vorliegt, der nach seinem Salzgehalt als brackisch-marin zu bezeichnen ist. Ein Unterschied in der Salinität zwischen Küstengebiet und Beckenmitte besteht somit nicht, da auch im offenen Molassemeer die Lebensbedingungen ständig ungünstiger wurden. Es ist bemerkenswert, dass die fortschreitende

Verarmung der Fauna in gewissem Masse auch innerhalb des Arbeitsgebietes verfolgt werden kann. So findet sich die volle Artenzahl der Mikrofauna nur nahe der Basis der Meeresmolasse in tiefgelegenen Vorkommen (Zirgesheim 406 m), während in den höheren Teilen (Ziegelei Berg 445 m, Lochbach 480 m) nur noch die Gattungen Ammonia, Nonion und Elphidium vorkommen, die am längsten einer Verminderung des Salzgehaltes widerstehen.

Die Klifflinie, deren geradliniger Verlauf in Württemberg so deutlich ausgeprägt ist, tritt bei Donauwörth morphologisch nicht mehr in Erscheinung. Im südöstlichen Vorries ist das Meer fjordartig in das miocäne Weissjura-relief eingedrungen (vgl. HÜTTNER 1958, S. 54; ANDRITZKY 1959, S. 18). Die obersten Sedimente der Meeresmolasse liegen östlich von Donauwörth an mehreren Punkten auf 480 m Höhe (das gleiche Niveau wie in Dischingen und Burgmagerbein), so dass in dieser Höhe die Klifflinie vermutet werden kann. Westlich von Donauwörth reichen die Sedimente nur bis 445 m ü. NN. Als Ursache werden jüngere Bewegungen angenommen (siehe S. 18).

Die Obere Meeresmolasse hat infolge ihrer geringen Mächtigkeit nur einen dünnen Sedimentschleier über das ausgeprägte Weissjura-relief gebreitet. Schon kurze Zeit nach der Transgression kam es zur völligen Aussüssung und ohne Sedimentationsunterbrechung begann die Ablagerung der Oberen Stüsswassermolasse.

c) Obere Stüsswassermolasse (Oberhelvet und Torton)

Die mächtige Folge der Oberen Stüsswassermolasse - Sande, Mergel und eingeschaltete Stüsswasserkalklinsen - hat das miocäne Weissjura-relief bis über die höchsten Juraerhebungen hinaus völlig plombiert. Seitdem ist es erst zu einem kleinen Teil durch die Erosion wieder freigelegt worden. Die Altersbestimmung der Sedimente beruht vor allem auf den fossilführenden Stüsswasserkalken, während sich die Sande und Mergel innerhalb des Kartierungsgebietes als fossilleer erwiesen.

In Anlehnung an ANDRES (1951, S. 23) wird die Genese der Stüsswasserkalke auf Kalkalgen zurückgeführt, deren unregelmässige Lamellen (in den rundlichen, ovalen Kalkkörpern) in Anschliffen zu beobachten sind. Je nach dem Anteil der 0, 1-3 cm grossen Kalkalgenknollen und des Kalkpelits können dichte, harte Stüsswasserkalke, pisolithartige Algenknollenkalke und tuffig-poröse Kalke unterschieden werden. Eingeschwemmte Landschnecken fanden sich vor allem in Gesteinen, die durch eingespültes, lateritisches Verwitterungsmaterial eine Rotfärbung angenommen hatten.

An zwei Stellen fanden sich reichere Gastropodenfaunen, die aber ein verschiedenes Alter besitzen. Aus einer Süßwasserkalklinse der Ziegelei Berg stammen folgende Arten (Häufigkeitsformen +):

<i>Trichia</i> cf. <i>kleini</i> (KLEIN)	
<i>Tropidomphalus</i> sp.	
<i>Hemicycla asperula</i> (DESHA YES)	
<i>Cepaea eversa baumbergeri</i> JOOSS	+
<i>Cepaea eversa</i> cf. <i>larteti</i> (BOISSY)	
<i>Cepaea renevieri</i> (MAILLARD)	+
<i>Cepaea silvana silvana</i> (KLEIN)	
<i>Planorbis</i> sp.	

Ausserdem fanden sich noch in Schlämmrückständen 3 Säugetierzähnen, 2 leider nur als Bruchstücke:

Gliridae gen. indet.
Theridomyidae gen. indet.
Cricetodon gregarium SCHAUB

Die Landschnecken weisen enge Beziehungen zu den Formen der schwäbisch-schweizerischen *Heliciden*mergel auf, die Fauna kann daher ins Oberhelvet gestellt werden.

Die Schichtfolge in der Ziegelei Berg - über der Oberen Meeresmolasse eine sandige Mergellage, der Süßwasserkalk und im Hangenden graugrüne Mergel und mittelkörnige Sande - entspricht dem Profil an der Grenze Obere Meeresmolasse/Süßbrackwassermolasse in der Gegend von Krumbach (LEMCKE, ENGELHARDT u. FÜCHTBAUER 1953, S. 31 ff.). Bei der gleichartigen petrographischen Ausbildung und derselben stratigraphischen Stellung erscheint eine Parallelisierung gerechtfertigt. Durch den Vergleich der beiden Profile ist die Süßbrackwassermolasse stratigraphisch im Blattgebiet nachgewiesen. Da sich jedoch in diesem küstennahen Abschnitt keinerlei Anzeichen einer Verbrackung mehr zeigen, umfasst in der vorliegenden Arbeit der Begriff "Obere Süßwassermolasse" auch die "Süßbrackwassermolasse" im Sinne LEMCKE's. Eine Schichtlücke an der Grenze Meeresmolasse/Süßwassermolasse ist in der Umgebung von Donauwörth nicht nachweisbar, die Graupensandrinne hat demnach nicht bis ins südöstliche Vorrries gereicht (vgl. LEMCKE, ENGELHARDT u. FÜCHTBAUER 1953, S. 40-43; HÜTTNER 1958, S. 66).

Eine zweite, jüngere Gastropodenfauna fand sich südöstlich von Kaisheim in Süßwasserkalken derselben petrographischen Ausbildung. Die Bestimmung ergab folgende Arten:

Trichia kleini kleini (KLEIN)
Tropidomphalus incrassatus incrassatus (KLEIN)
Klikia sp.
Cepaea aff. *dentula* (QUENSTEDT)
Cepaea eversa cf. *larteti* (BOISSY)
Cepaea cf. *eversa baumbergeri* JOOSS
Cepaea renevieri (MAILLARD)
Cepaea silvana silvana (KLEIN)
Triptychia sp.
Gastrocopta sp.
Pomatias cf. *consobrinum* (SANDBERGER)
Tudorella conica conica (KLEIN)

Die Fauna ist in das Torton einzustufen, sie lässt sich gut mit der anderer Süsswasserkalke des südlichen und östlichen Vorrieses vergleichen.

Die beiden Faunen zeigen, dass die Süsswasserkalke nicht einen bestimmten stratigraphischen Horizont darstellen, sondern über eine gewisse Zeitspanne hinweg abgelagert wurden. Im Oberhelvet beginnt ihre Bildung auf der Albsteinschwelle und an einzelnen Punkten am Südrand der Alb, sie endet im Torton mit zahlreichen Einzelvorkommen in der ganzen südlichen Frankenalb.

Die verhältnismässig mächtige Folge der Sande und Mergel der Oberen Süsswassermolasse reicht weit über die Blattgrenze nach Norden. Zu ihnen gehören noch die sandigen Lehme und Tone um Monheim und Buchdorf (DEHM, 1931, S. 148 ff.). Im Westen sind die obermiocänen Sande auf Blatt Bissingen und die Sande bei Mönchsdeggingen (NATHAN 1925, S. 61) zur Oberen Süsswassermolasse zu stellen. Die Einstufung dieser Schichtfolge mit Hilfe der fossilführenden Süsswasserkalke in Oberhelvet und Torton wurde durch eine in Buchdorf vor einigen Jahren aufgefundene Wirbeltierfauna bestätigt, die von Prof. DEHM bestimmt wurde. Für die Überlassung der Angaben danke ich ihm in besonderer Weise. Folgende Formen liessen sich erkennen:

Chalicotherium aff. *grande* LARTET
Prolagus sp.
Glis n. sp.
Simplicidentata gen. indet.
Mammalia gen. indet.
Testudinidae gen. indet.
Salamandrina gen. indet.
Chara molassica STRAUB

Die Fauna ist sicher jünger als mittelmiocän. Sie kann in erster Annäherung dem unteren Teil der Oberen Süßwassermolasse gleichgestellt werden.

Das praeräisches Alter ist an zahlreichen Punkten, vor allem im nördlichen Gebietsteil durch die Überlagerung von Riestrümmermassen gesichert. An verschiedenen Stellen konnte man in künstlichen Aufschlüssen beobachten, dass sich grössere Weissjurabrocken in die Oberfläche der Oberen Süßwassermolasse eingebohrt und die Tone stark verwürgt hatten.

Im südlichen Abschnitt bei Zirgesheim zeigten jedoch einige Aufschlüsse, dass die Sedimentation der Molasse örtlich die Riesexplosion noch überdauert hat. Hier waren Linsen von Bunter Brecke in die Sande und Tone eingeschaltet und synsedimentär gestörte Schichtfolgen von ungestörten überlagert. Aus diesen Beobachtungen ergibt sich, dass zur Zeit der Riesexplosion die Sedimentation der Oberen Süßwassermolasse bereits im wesentlichen abgeschlossen war. Im Nordteil ihres Verbreitungsgebietes hatte bereits die Regression eingesetzt, nur im südlichen Abschnitt konnte die Bunte Brecke noch in kleinen Seen und in Flussdeltas zur Ablagerung kommen und so zu einer wichtigen Zeitmarke werden.

Im südwestlichen Vorries liegt nach HÜTTNER (1958) zwischen der Ablagerung der Molasse und der Riesexplosion ein deutliches Zeitintervall mit einer kräftigen Belebung der Erosion. Im südöstlichen Vorries ist mit einer ähnlich starken Talbildung zu dieser Zeit nicht zu rechnen, doch erleichtert die Annahme eines wieder schwach entwickelten Reliefs die Erklärung für verschiedene Lagerungsverhältnisse von Riestrümmermassen.

Die Beobachtungen über eine schon praeräische Regression der Molasse stehen im Widerspruch zur Meinung LEMCKE's (LEMCKE, ENGELHARDT u. FÜCHTBAUER 1953, S. 76), dass auch die jüngsten Molassebildungen ehemals bis zum Beckennordrand gereicht haben. Für das Gebiet nördlich der Donau dürfte diese Ansicht nicht zutreffen.

d) Die Sonderstellung des Rieses während des Tertiärs und ihre Bedeutung für die Ablagerung und Verbreitung der Molassesedimente

Die Sonderstellung des Rieses beruhte während des Tertiärs - abgesehen von dem Ereignis der Riesexplosion - auf der Eigenschaft als Kippungsachse der Hebungs- und Senkungsbewegungen der Schwäbischen und Fränkischen Alb, die sich in der Sedimentation der Molasse widerspiegeln.

Im Chattium drang zum ersten Mal das Meer von Süden her vor. Schwaben wurde damals Sedimentationsraum, die Frankenalb dagegen blieb ein relatives Hochgebiet. Während von Ulm bis etwa Dillingen (MOOS 1925, S. 171, 192)

eine stattliche Schichtfolge der Unteren Süsswassermolasse abgelagert wurde, nehmen die chattischen Süsswasserkalke der Frankenalb (DEHM 1931, S. 155, 203; Wolfg. WAGNER 1958) nur einen bescheidenen Anteil ein. Franken war zwar in die Senkung mit einbezogen, aber es kam nur zu örtlichen Süsswasserseen, die wohl keine ständige Verbindung zum Molassebecken besaßen.

Im Helvet drang das Meer erneut und wesentlich kräftiger nach Norden vor. Es überschritt die Küstenlinie des I. Zyklus der Oberen Meeresmolasse und überflutete im II. Zyklus weit über die Donau hinaus grosse Teile der Schwäbischen Alb. Die Frankenalb dagegen wurde nur ganz am Rande noch vom Meer überspült. Sie hat also ihre Stellung als Hochgebiet gegenüber Württemberg bis zum Mittelmiozän bewahrt.

Die Aussüßung des Molassebeckens setzte noch während des Helvets ein, im Oberhelvet ist in der Umgebung von Donauwörth schon kein mariner Einfluss mehr nachweisbar. Gleichzeitig wurde die Juratafel gekippt. Während die Klifflinie der Meeresmolasse in Württemberg mit Ausnahme des Vorriesgebietes um Dischingen nicht wieder von der Oberen Süsswassermolasse erreicht wurde, wurde sie östlich von Donauwörth weit überschritten. Dies wirkt sich auch in der Höhenlage aus. Während die Klifflinie der Meeresmolasse zwischen Donauwörth und Schäfstall ca. 480 m ü. NN liegt, finden sich die Sande und Mergel der Oberen Süsswassermolasse noch auf den höchsten Kuppen von 550 m. Ihre besonders weite Verbreitung zwischen Donauwörth und Monheim liess C. DORN (1939) von einem "Monheimer Becken" sprechen. Es scheint hier eine Senkungszone vorzuliegen, die zwar vor der Riesexplosion wieder trocken fiel, aber als Talung weiter forbestand, wie die jüngeren Höhensande (siehe S. 16) zeigen.

II. DIE RIESISCHEN FORMATIONEN

Bunte Bresche

Unter dem Begriff "Bunte Bresche" werden diejenigen Riestrümmersmassen zusammengefasst, bei denen die Grösse der Einzelkomponenten so gering ist, dass sie auf der Karte nicht mehr getrennt dargestellt werden können (NATHAN 1925, S. 70). HÜTTNER (1958, S. 214) deutet die Bunte Bresche als Sprengschutt, der nach der Bewegung durch die Luft sich noch eine gewisse Wegstrecke schnell über die Landoberfläche bewegte, bis die kinetische Energie verbraucht war. Hierbei wurden Teile des Anstehenden vom Boden aufgeschürft und mit den Trümmersmassen zusammen verbacken. Diese Auffassung deckt sich mit dem Gedanken einer "Erd- und Gesteinswoge", den KRANZ (1923) entwickelt hat.

Dadurch erklärt sich auch am besten die örtliche Häufigkeit sonst recht seltener Gesteine wie tertiärer Süsswasserkalke oder der hohe Anteil von Molassesedimenten und Kieselplatten des Oberen Weissen Jura im südöstlichen Vorries.

Die oberflächennahen Teile der Bunten Bresche unterlagen während des Pleistocäns in besonderer Weise der Solifluktion, wodurch ihr ursprüngliches Gefüge weitgehend zerstört wurde.

III. DIE NACHRIESISCHEN FORMATIONEN

1. Das Jungtertiär

Höhensand von Hafenreut

Die höchstgelegenen Teile des Gebietes wie die flache Kuppe von Hafenreut werden von gelblichen bis rostbraunen Sanden stark wechselnder Korngrösse eingenommen, die die Fortsetzung der Höhensande von Monheim und Buchdorf bilden (DEHM 1931, S. 150). Charakteristisch ist der regelmässige Anteil von gut gerollten Lyditkörnern, die die Herkunft dieser Flussande aus dem Frankenwald belegen.

Die Höhensande werden in Hafenreut von Tonen der Oberen Süsswassermolasse unterlagert. Während dort die Molasse von einem mehr oder minder starken Schleier Bunter Bresche überdeckt ist, finden sich auf der verhältnismässig grossen Fläche der Höhensande keine Anzeichen von Riestrümmermassen. Noch deutlicher waren die stratigraphischen Verhältnisse in einem vorübergehenden Aufschluss am Stickelberg in Monheim zu sehen: Über Molassetonen lag eine etwa 20 cm mächtige Linse Bunter Bresche. Gleich oberhalb davon standen im Stickelbergwäldchen die Höhensande an. Aus diesen Beobachtungen ergibt sich ein nachriesisches Alter. Die Lydite zeigen an, dass die Sande vor der Kippung der Fränkischen Platte abgelagert wurden. Der Höhensand kann somit in den Zeitraum Sarmat-Unterpliocän eingestuft werden. Diese Altersstellung vermuteten bereits SCHRÖDER u. DEHM (1950, S. 117) durch einen Vergleich mit einer geröllführenden Spaltenfüllung bei Bopfingen, die einen abgerundeten Hippurionzahn enthielt.

2. Das Quartär

Die bedeutendste Auswirkung des Pleistocäns war die tiefgründige Verlehmung des gesamten Gebietes. Auf den Abhängen herrschte Solifluktion. An den nach Osten und Südosten geneigten Hängen des Donautales wurde Löss angeweht.

Dem Alluvium werden die Talauen der verschiedenen Bachläufe und die jüngeren Rutschmassen am Albrand zugerechnet. Die Donaualluvionen bestehen aus 7-10 m Kies, über dem Feinsande und Auenlehm folgen.

B. REGIONALE BESCHREIBUNG

1. Die vorwiegend autochthonen Gebiete

In dem autochthonen Gebiet östlich des Lochbachs fehlen mit Ausnahme eines Schleiers Bunter Bresche Riestrümmermassen. Dieser Abschnitt liegt noch ausserhalb des eigentlichen Vorrieses. Die Weissjuraunterlage tritt in zahlreichen, kleineren Vorkommen am Albrand und in den Waldgebieten östlich von Hafenreut zu Tage. Die Verteilung der Vorkommen spricht zusammen mit der gleichförmigen Absenkung der Hochebene gegen den Donaurand für ein flaches Einfallen der Weissjuraplatte. Diese Kippung des mesozoischen Untergrundes spiegelt sich auch in den Meeresmolassevorkommen wider. Ihre Höhenlage geht von 480 m an der Klifflinie auf 360 m in den Wasserbohrungen der Donauebene zurück. Geprägt wird das Landschaftsbild von den tertiären Sedimenten. Die Meeresmolasse findet sich im Lochbach und seinen Zuflüssen, die Stüsswassermolasse steht auf den weiten Hochflächen, vor allem im südlichen Teil, auf grösserer Erstreckung unmittelbar an. Die Bedeckung durch Bunte Bresche wird von Nordwesten nach Südosten immer geringer.

Nach Westen nehmen die Riestrümmermassen stärker zu, bis sie im Wörmitztal den geologischen Aufbau völlig beherrschen. Im Nordwesten des Blattgebietes findet sich auf der autochthonen Massenkalkkrippe der Wörmitzhalbinsel zwischen Ebermergen und Brünensee ein Kliffpunkt der Meeresmolasse (vgl. SCHRÖDER 1927, S. 268).

Wegen seiner Grösse und seiner Bedeutung für die Fragen der Riesgeologie wurde der Steinbruch des Märkerwerks in Harburg mit in die Untersuchungen einbezogen. Der Abbau ist seit der ersten Bearbeitung von SCHRÖDER u. DEHM (1950, S. 58) beträchtlich ausgeweitet worden. Der Bruch besteht aus 3 Abschnitten: Im Norden der alte "Kalkbruch" mit geschichtetem oberem Weissjura δ und Felsenkalk, im mittleren Teil die "Tongrube" mit stark gefalteten Riestrümmermassen und im Süden ein weiterer Weissjurakomplex, dem die auf S. 5 beschriebene Weissjura- ϵ -Schlüssel angehört. Der nördliche Weissjura im "Kalkbruch" ist unversehrt, an dem unscharfen Kontakt zum Allochthon ist eine Aufschiebung des Felsenkalks auf die Trümmermassen zu beobachten. Der südliche Weissjurakomplex ist tektonisch sehr stark tektonisch beansprucht.

Es herrscht lebhaft Schuppentektonik: Geschichtete Kalke des Weissjura ϵ sind steil aufgebogen und auf Weissjura δ aufgeschuppt, ein Teilscholle von Weissjura δ und ϵ ist auf Obere Süsswassermolasse aufgeschoben. Ich möchte aber auch diesen Teil zum Autochthon stellen, da der Gesteinsverband im grossen und ganzen gewahrt ist und die Verschiebungsbeträge wohl nur gering sind. In der tektonischen Beurteilung schliesse ich mich damit SCHRÖDER u. DEHM (1950, S. 58) an.

2. Die vorwiegend allochthonen Gebiete

Westlich des Lochbachs gewinnen die Riestrümmermassen einen bestimmenden Einfluss. Der Schellenberg ist auf seiner Westseite von einer mächtigen Schicht Bunter Bresche bedeckt, auf dem Osthang ist der tiefere Untergrund von Lösslehm verhüllt. Bei Zirgesheim liegt eine grosse allochthone Scholle mit Weissjura δ und ϵ .

In der Umgebung von Kaisheim liegt unter lehmiger Überdeckung wohl eine durchgehende Schicht von Bunter Bresche. Die Juravorkommen im Kaibachtal dürften dem autochthonen Untergrund angehören, wenn sie auch zum Teil stärker tektonisch beansprucht sind. Die Lagerungsverhältnisse in der Umgebung des Weissjura- ξ -Bruches südwestlich von Kaisheim lassen an eine Weissjura- ξ -Schlüssel denken.

Nach Westen setzt sich die unter der Überdeckung vermutete Bunte Bresche in den Waldgebieten bis zum Ellerbach fort. Die Aufschlüsse in den Bahneinschnitten wurden von v. AMMON (1904, S. 153) eingehend beschrieben. Er stellte eine mächtige Schicht von Riestrümmermassen über der jurassischen Unterlage fest. Die zahlreichen Juravorkommen gehören grösstenteils zum Allochthon.

Südlich des Waldgebietes ist die Bunte Bresche in der Umgebung von Berg auf die Kuppen der einzelnen Hügel beschränkt. Meist steht entlang der Wörnitz unter der Überdeckung die Obere Süsswassermolasse an. Die Meeresmolasse wurde an 2 Punkten in 420 und 445 m Höhe westlich und nördlich von Berg aufgefunden. Diese geringe Höhe gegenüber den östlichen Vorkommen zwischen Donauwörth und Schäfstall spricht zusammen mit dem grossen Höhenunterschied östlich und westlich des Kaibachs für eine jüngere Störung (vermutlich pliocänen Alters) in diesem so ausgeprägten Talverlauf.

Das Landschaftsbild des Wörnitztales zwischen Ebermergen und Dittelspoint wird von den zahlreichen allochthonen Weissjuraschollen bestimmt. In deren Hauptverbreitungsgebiet ist auch die Bunte Bresche sehr stark vertreten. Den autochthonen Untergrund bilden die auf verhältnismässig grossen Flächen anstehenden

Sedimente der Oberen Süßwassermolasse; vorwiegend handelt es sich um feinkörnige Sande, die Mergel treten zurück. Nach v. AMMON (1904, S. 151) sind sie in dem Bahneinschnitt von Osterweiler während des Riesereignisses zum Teil stark aufgebogen und verfaltet worden.

Südlich des Wörnitzkniees finden sich zwischen Dittelspoint und dem Ramberg zahlreiche Fremdschollen der Weissjurastufen γ , δ und ϵ . Der Abhang zur Donau wird von Überdeckungslehm eingenommen. Südlich von Riedlingen liegt ein Vorkommen der Meeresmolasse am Steinberg in 430 m Höhe. Nahe dem Faulhof liegen die beiden südlichsten Fremdschollen innerhalb des Arbeitsgebietes mit Weissjura γ und δ .

Verschiedene Wasserbohrungen zeigen, dass in der Donauebene im Gebiet von Donauwörth, Zirgesheim und Nordheim unter 10-12 m Alluvionen etwa 30 m Süßwasser- und Meeresmolasse folgen, ehe in rund 40 m Tiefe (360 m ü. NN) der autochthone Jurauntergrund erreicht wird.

C. GEOLOGISCHE GESCHICHTE

1. Die paläogeographische und tektonische Vorgeschichte des Riesereignisses

Bei einer Betrachtung des heutigen geologischen Kartenbildes von Süddeutschland fallen keine besonderen Lineamente auf, die dem Nördlinger Ries eine tektonische Sonderstellung zuweisen würden. Die Donau, die Frankenalb und Molasse trennt, fließt südlich des Rieskessels und bei dem gleichmässigen Bau des schwäbisch-fränkischen Schichtstufenlandes fallen keine bemerkenswerten, N-S streichenden Linien auf. Dieser Eindruck täuscht jedoch. Verschiedene Autoren haben schon dargelegt, dass das Ries grosse Zeiträume der Erdgeschichte hindurch eine besondere Stellung, vor allem als Grenze von Sedimentationsräumen einnahm. Lange war es eine Schwellenregion, was sich teils in Schichtlücken, teils in der Fazies der Sedimente ausdrückt. Auf diese tektonische Vorgeschichte haben DEHM (1931, S. 224 ff.) und später P. DORN (1937) schon ausführlich hingewiesen. DEHM stellte fest, dass die Lage im Grenzgebiet des schwäbischen und fränkischen Ablagerungsraumes im Bau des vindelizischen Gebirges begründet sein muss. Diese Auffassung haben die geophysikalischen Untersuchungen in der Zwischenzeit bewiesen. BREYER entwarf einen Tiefenlinienplan des kristallinen Untergrundes in Süddeutschland, aus dem deutlich die "Tauber-Ries-Barre" hervortritt (1956, S. 33, Abb. 6) (vgl. CARLÉ 1955,

S. 19, 121; P. DORN 1937). Das Kristallin ist im Ries nicht nur in den Fremdschollen herausgehoben, sondern auch der autochthone Kristallinsockel ragt bis auf 100 m ü. NN auf, d. h. mehr als 1000 m über das Innere des fränkischen und nordschwäbischen Beckens. Das Ries bildet den höchsten Punkt dieser Schwelle, die auch unter dem Namen "Gammesfelder Barre" bekannt geworden ist. Durch die grosse Menge der Trümmermassen ist bekannt, welche Gesteine im Ries über dem Varistischen Gebirge anstehen. Es fehlen Perm, Buntsandstein, Muschelkalk und unterer und mittlerer Keuper. Diese Schwelle ist also keine jüngere Anlage, die etwa durch die Riesexplosion bedingt sein könnte, sondern sie war schon im ausgehenden Palaeozoikum angelegt und hat ihre Stellung als Liefergebiet der permischen und triassischen Sedimente bis zum oberen Keuper bewahrt, von dem an die Sedimentation erst wieder nachgewiesen werden kann. Im unteren Jura bildet das Ries das Küstengebiet. Kleinere Regressionen nach dem mittleren Schwarzzura α wirken sich auf der Schwelle als Schichtlücken aus. Erst im Schwarzzura δ setzt sich das Jurameer voll durch.

Während des langen Zeitraumes bis zum unteren Weissjura stimmt die Schichtfolge auf der Riesschwelle völlig mit der im benachbarten Württemberg und Franken überein. Sofern sich das Riesgebiet in dieser Zeitspanne überhaupt über das normale Niveau des Meeresbodens im schwäbisch-fränkischen Becken erhob, waren die Unterschiede in der Wassertiefe offenbar zu gering, um zu einer unterschiedlichen Gesteinsausbildung zu führen. Erst im Weissen Jura kommt es zu einer gewissen Faziesdifferenzierung. Eine frühzeitig einsetzende Verschwammung, die an verschiedenen Punkten vom Weissjura- β_1 (DEHM 1931, S. 225) bis zum Weissjura δ beobachtet wurde, kann als Zeichen geringerer Meerestiefe gewertet werden (siehe S. 8). Für die Zeit des oberen Malm mit dem endgültigen Rückzug des Meeres nach Südosten können die genaueren Verhältnisse im Gebiet des Rieses nicht mehr rekonstruiert werden.

Aus der langen festländischen Epoche vom obersten Jura bis zum Ende der Unterkreide liegen keine erdgeschichtlichen Zeugnisse vor. Mit der Oberkreide begann ein wiederholter Wechsel von Sedimentation und Abtragung, bei dem Franken- und Schwabenalb jeweils entgegengesetzt ihre Stellung als Hebungs- und Senkungsgebiet änderten. Es handelt sich um ein Oszillieren der süddeutschen, mesozoischen Platte um eine Kippungsachse, die in der Riesschwelle zu suchen ist (vgl. P. DORN 1937, S. 38, 39).

Mit der beginnenden Oberkreide wurden weite Teile der Frankenalb vom Meer überflutet. Die Sandsteine in der Bunten Bresche zeigen an, dass die Cenomantransgression bis an den Ostrand des Rieses gereicht hat (DEHM 1931, S. 225). Das hochgelegene Schwaben blieb Festland. Nach dieser nur kurzen Überflutung lag dann die gesamte Alb bis ins Oligocän hinein frei.

Als sich im Chattium zum ersten Mal das Molassebecken von Süden her gegen die Alb ausbreitete, wurde Schwaben Sedimentationsraum, während jetzt die Frankenalb ein relatives Hochgebiet war. Diese Stellung der beiden Gebiete zueinander blieb auch noch während der Ablagerung der Oberen Meeresmolasse unverändert. Eine erneute Kippung erfolgte erst, als die Sedimentation der Oberen Süßwassermolasse einsetzte, die am Südrand der Frankenalb zu einer vollständigen Plombierung des alten, miocänen Reliefs führte (siehe S. 11).

Zum Zeitpunkt der Riesexplosion hatte im Vorries ein Landschaftsbild bestanden, das mit dem heutigen im Grundsätzlichen übereinstimmte. Im Norden dürfte der Albtrauf nicht wesentlich weiter nördlich gelegen haben als heute. Im Südwesten hatte nach den Ergebnissen HÜTTNER's eine kräftige Erosion schon wieder die alten Talformen nachgezeichnet, so dass die Riestrümmermassen auf ein Relief trafen, das in seiner Anlage dem heutigen etwa entsprach. Im Südosten war ein neues Relief noch kaum entwickelt (siehe S. 14). Die Süßwassermolasse hatte eine weite Ebene geschaffen, wie sie auch heute noch zwischen Hafenreut, Monheim und Flünfstetten, von den Tälern der Ussel und Gailach abgesehen, erhalten ist und vor der im Süden das Molassebecken ausgebreitet lag.

2. Das Riesereignis

Im Jungtertiär kam es in Süddeutschland in engen geologischen Zeitabständen zu einer regen vulkanischen Tätigkeit, vor allem auf der Linie Hegau - Urach - Ries. Bei einer vergleichenden Betrachtung dieser 3 Gebiete zeigt es sich, dass Magmenförderung und vulkanische Explosionskraft sich in umgekehrter Weise von Südwesten nach Nordosten verändern. Während im Hegau ansehnliche Massen basaltischen Magmas ruhig ausgeflossen sind, handelt es sich bei Urach um eine grosse Anzahl recht kleiner Durchschlaggröhen, sog. Vulkanembryonen, die aber nur noch bescheidene vulkanische Massen gefördert haben. Im Nordostglied der Reihe, im Ries, fehlen magmatische Ergussgesteine überhaupt - die Suevite stellen keinen Schmelzfluss, sondern geschmolzenes Nebengestein dar -, dagegen erreicht die Explosionskraft ihren Höhepunkt.

Um die vielfältigen Erscheinungen des Rieses zu erklären, entstanden im Laufe der Zeit recht verschiedenartige Hypothesen: Der Gedanke an eine glaziale Erklärung des Rieses, insbesondere der Lagerungsverhältnisse der Bunten Bresche, durch die Annahme eines Eiskuchens im Rieskessel, der nach den Seiten übergeflossen sei, wurde bald wieder fallengelassen. Die Meteorhypothese, die die Asymmetrie der Trümmermassen leicht verständlich machen würde, ist wegen der reich gegliederten Vorgeschichte, die dem Nördlinger Ries eine Sonderstellung einräumt, sehr unwahrscheinlich geworden. Nur zwei Auffassungen

haben sich bis zur Gegenwart behauptet und werden noch heute lebhaft diskutiert:

- 1) Die KRANZ'sche Explosionshypothese, die die Zertrümmerung und die Lagerung der Gesteine durch eine zentrale Explosion zu erklären versucht.
- 2) Die BRANCA-FRAAS'sche Hebungs-Explosions-Hypothese: Sie nimmt eine unter starkem Druck stehende Aufwölbung an. Durch die Heraushebung des Gesteinspfropfens sei die Juratafel zerborsten und durch zahlreiche Störungen in einzelne Schollen zerteilt worden, die auf den weichen Tonen von dem "Riesberg" abgeglitten seien (BRANCA u. FRAAS 1901, S. 156). Später nahmen BRANCA u. FRAAS noch eine zentrale Explosion dieser Aufwölbung hinzu, um die vielfältigen Erscheinungen innerhalb des Rieses zu erklären. Sie hatten auch das nachriesische Alter der Suevite schon erkannt und stellten bereits 1901 fest, dass es sich bei dem Rieskessel um eine grosse Caldera handle, die nach der Druckentlastung an peripheren Störungen eingesunken sei. Diese Auffassung wurde von WEBER (1941, S. 146) durch seine Untersuchungen über die postriesischen Sedimente des Kessels und von BARTHEL (1957, S. 60) durch seine Kartierungsarbeiten im Nordries bestätigt.

Zu einer gewissen Annäherung der beiden Hypothesen kam es durch die Annahme einer zentralen Explosion durch BRANCA u. FRAAS und die Annahme einer flachen, schildförmigen Aufwölbung durch KRANZ (1927 und 1948). Eine weitere Angleichung bedeutete, dass KRANZ darauf hinwies, dass es sich um eine treibende Sprengung gehandelt habe, die nicht mit brisanten technischen Sprengungen verglichen werden dürfe, sondern mehr als heftiger, zentrifugaler Schub zu verstehen sei.

Die Hebungs-Explosionshypothese von BRANCA u. FRAAS wurde vor allem von DEHM (1931, S. 226 ff.) und SCHRÖDER u. DEHM (1950, S. 135 ff.) vertreten und ausgebaut. Sie führten aus, dass mit einer zentralen Sprengung allein die ungleiche Verteilung der Trümmernmassen im Vorries nicht zu erklären sei und dachten an einen Ausgleich durch "örtliche Aufbrüche" im Südris, durch die an Ort und Stelle Juraschollen gehoben und zerrüttet worden seien. Diese Annahme stützten sie durch eine Berechnung des Volumens des ausgesprengten Trichters und der im Vorries lagernden, allochthonen Massen, die nach den von ihnen angenommenen Werten ein erheblich grösseres Volumen besitzen. Eine solche Berechnung begegnet allerdings grossen Schwierigkeiten, da sämtliche Werte nur ungefähr abgeschätzt werden können. So ist es auch nicht verwunderlich, dass andere Autoren (LÖFFLER 1926, S. 48, 73 und BENTZ 1925) zu abweichenden Ergebnissen kamen. HÜTTNER (1958, S. 281) hat diese Berechnungen ausführlich diskutiert und kam zu der Ansicht, dass das Volumen des Rieskessels mit dem der Trümmernmassen wohl grössenordnungsmässig etwa übereinstimme. Die Differenz der einzelnen Werte liefert meines Erachtens kein entscheidendes Argument für eine der beiden Hypothesen.

WEBER (1941, S. 205) glaubt, dass die Lagerungsverhältnisse im Mühlbachtal bei Wemding nur durch einen örtlichen Aufbruch zu erklären seien. DEHM (1931, S. 145 ff.) und SCHALK (1957, S. 69) halten die Existenz örtlicher Aufbrüche für möglich. SCHRÖDER u. DEHM (1950) gewannen "den Eindruck, als besäße ein Teil der Trümmergebiete eine gewisse tektonische Selbständigkeit gegenüber den benachbarten, autochthonen Weissjuraflächen". Sie verweisen ausserdem auf die enge Beziehung zwischen der Verbreitung der Suevitdurchbrüche, die nach der zentralen Explosion stattfanden, und den Hauptgebieten der Trümmernmassen. Diese Beobachtung erklären sie durch die geringeren Auftriebskräfte der Suevite, die nicht mehr die Intensität der früheren Aufpressungen erreichten, aber die alte Schwächestelle in der Weissjuraufschlagung bevorzugten (1950, S. 130). Dagegen lehnen G.H. WAGNER (1957, S. 63) und HÜTTNER (1958, S. 286) den Gedanken an örtliche Aufbrüche völlig ab. Nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis ist offenbar weder ihre Existenz noch ihr Fehlen zu beweisen.

Eine Erklärung für die Asymmetrie der Trümmernmassen im Vorries, die eine der Hauptschwierigkeiten bei der KRANZ'schen Explosionshypothese bildet, wurde von BENTZ in einer gerichteten Sprengung gesucht, ein Gedanke, der in jüngster Zeit wieder von G.H. WAGNER (1957, S. 79) aufgegriffen wurde. HÜTTNER (1958, S. 283) scheint es jedoch ausgeschlossen, dass eine derartig gewaltige Sprengung abgelenkt werden könnte, ihr hätte jede Verdämmung zum Opfer fallen müssen.

KRANZ (1949, 1957) hat darauf hingewiesen, dass primäre Unterschiede eine gewisse Ungleichheit bedingen. Im Südries musste eine recht mächtige Weissjuraplatte weggesprengt werden, die im Norden bereits abgetragen war. Dadurch lässt sich zwar ein beachtlicher Teil der allochthonen Weissjuramassen im südlichen Vorries erklären, die aber im Süden auch wesentlich weiter reichende Verbreitung der Bunten Bresche, bis über 20 km Entfernung, jedoch nicht.

Innerhalb des Arbeitsgebietes wurden an einigen Stellen Lagerungsverhältnisse angetroffen, die durch eine einzige, zentrale Explosion im Sinne der KRANZ'schen Hypothese kaum zu erklären sind. Ähnliche Beobachtungen machte ANDRITZKY auf Blatt Ebermergen, sie werden von ihm übernommen.

- 1) In dem Steinbruch am Kühberg nordwestlich von Berg ist in einer allochthonen Scholle eine Spalte aufgeschlossen, die senkrecht zur Schichtung liegt und heute an der Oberseite fast ganz verschlossen ist. Sie verbreitet sich nach unten und ist mit stark gequälter und verfälschter Bunter Bresche gefüllt.
- 2) In einem Aufschluss bei Wörnitzstein finden sich in einer oben verschlossenen, stark verbogenen Spalte Bohnerzlehm, Flammenmergel und Granit (vgl. ANDRITZKY 1959, S. 42 f.).

- 3) Im Märkerbruch bei Harburg ist autochthoner Weissjura auf die Trümmernmassen aufgeschuppt worden (siehe S. 18).
- 4) Bei Kaisheim sind Trümmernmassen gegen autochthonen Weissjura } angepresst worden und haben die geschichteten Kalke aufgebogen.
- 5) Im Ronheimer Steinbruch nördlich von Harburg liegt über autochthonem Weissjura δ eine nach Südosten (riesauswärts) ausgeilende Schicht Bunter Bresche. Auf diese ist eine horizontal liegende Scholle von Weissjura β_2 und γ_1 aufgeschoben worden. Der überschobene Weissjura ist völlig unversehrt, während in der Bunten Bresche selbst kleine Komponenten noch stärkstens verfaltet und zerbrochen wurden (vgl. SCHRÖDER u. DEHM 1950, S. 75; G.H. WAGNER 1957, S. 63; ANDRITZKY 1959, S. 44).

Diese Erscheinungen sind durch eine völlige Gleichzeitigkeit der Riesereignisse nicht zu erklären. Die Bunte Bresche musste in den aufgeführten Fällen bereits eine gewisse Zeitspanne vor der Hauptphase über die Riesumrandung ausgebreitet worden sein, um noch in dieser Weise von den Bewegungen während der Hauptexplosion erfasst zu werden.

Die angeführten Beobachtungen führen zu einer starken Annäherung an die BRANCA-FRAASsche Hebungs-Explosions-Hypothese. Zusammenfassend möchte ich den Ablauf der Riesentstehung schildern, wie er sich nach den Befunden innerhalb des Kartierungsgebietes und unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Nachbargebiete sowie der geophysikalischen Untersuchungen meines Erachtens nach ergibt:

Im Obermiocän kam es im Ries durch das Aufdringen eines gasreichen, unter sehr grossem Druck stehenden Magmas zu einer flachen, schildförmigen Aufwölbung, die infolge der starken Spannungen in Teilschollen zerbrach. Kurz vor der Hauptexplosion ereigneten sich bereits einzelne kleinere Ausbrüche, die den Riesrand mit einem dünnen Schleier von Bunter Bresche überdeckten. Bei der Hauptexplosion kam es rings um den Krater zu einer Zerbrechung des kristallinen Untergrundes und des hangenden Mesozoikums. Grosse Schollen wurden aufeinander geschoben und stark verschuppt. Diese Zone umfasst den Zentralkessel und den Ringwall (REICH u. HORRIX 1955, S. 111), aber auch wohl den wesentlichen Teil der heutigen Riesebeine und Teile der Riesumrandung, wie die Aufschlüsse im Märkerwerk bei Harburg zeigen. Diese Schollen sind nur zu einem kleinen Teil im eigentlichen Sinne wurzellos, in der Regel wurden sie wohl nur vom ursprünglichen Gesteinsverband abgesichert und haben keinen grösseren Transportweg zurückgelegt. Die Hauptzeugen der gewaltigen Explosion stellen dagegen die völlig wurzellosen, allochthonen Schollen dar, die bis etwa 20 km Entfernung vor allem im südlichen Ries dem autochthonen Untergrund auflagern und zusammen mit grossen Massen Bunter Bresche den

Riessprengschutt bilden. Ein grosser Teil dieser Massen dürfte aus der Riesaufwölbung, dem "Riesberg" BRANCA's, fortgeschleudert worden sein und bei dem Aufschlagen und dem Gleiten auf dem festen Erdboden zerbrochen und vergriesst sein, wie es HÜTTNER ausführlich erläutert. Ein kleinerer Teil dürfte als Schollen - von heftigsten Erschütterungen und durch starken radialen Druck ausgelöst - von der Aufwölbung auf den weichen, bereits ausgebreiteten Trümmernmassen abgeglitten sein, wie es BRANCA u. FRAAS (1901) beschreiben. Diese Deutung ist vor allem für so unversehrte Schollen wie im Ronheimer Steinbruch (siehe S. 24) naheliegend. Gleichzeitig mit der Hauptexplosion kam es noch zu bescheideneren Ausbrüchen in kleineren Nebenkratern (REICH u. HORRIX 1955, S. 47, 48), denen kurze Zeit später die Suevitdurchbrüche folgten. Der heutige Kesselrand ist nicht durch die Form des Explosionstrichters bedingt. Er stellt eine Caldera dar, die nach der Druckentlastung an ringförmigen Strörungszonen eingebrochen ist.

Ob die Asymmetrie der Trümmernmassen im Vorries durch die primären Unterschiede der Juratafel im Norden und Süden, durch Ausbrüche der Nebenkrater, eine mögliche Neigung des Förderschlothes oder durch den ungleichen Bau der Aufwölbung vor der Explosion ausreichend erklärt werden kann, oder ob die Annahme von "örtlichen Aufbrüchen" im südlichen Vorries eine zwingende Forderung ist, wage ich nicht zu entscheiden.

3. Die nachriesische Landschaftsentwicklung

Nach der Riesexplosion bildete sich in dem neu entstandenen Kessel ein See, in dem Süsswasserkalke, Sande und Tone zum Absatz kamen. Nach den Untersuchungen von SCHRÖDER u. DEHM (1950, S. 117) wurde der Kessel in späterer Zeit bis auf Höhen von 550 m plombiert, sein heutiges Niveau ist erst durch die Erosion entstanden.

Im östlichen Vorries wurden im Sarmat oder Unterpliocän die Höhensande abgelagert. Durch die Erosion, die das miocäne Weissjura relief nachzeichnete, wurde im Pliocän das heutige Landschaftsbild geprägt, das im Quartär ausgestaltet wurde.

ZUSAMMENFASSUNG

Im südöstlichen Vorries wurde eine reiche Schichtfolge aus der Jurazeit und dem Tertiär nachgewiesen. Die Weissjurastufen ϵ und ζ bilden den autochthonen Jurauntergrund. Die übrigen Stufen des Weissjura treten nur in allochthonen Schollen auf. Besonderes Augenmerk wurde auf die Faziesdifferenzierung im Mittleren und Oberen Weissen Jura gerichtet.

Sandsteine der Oberkreide fanden sich als Bestandteile der Riestrümmernmassen. Chattische Süsswasserkalke kommen in bescheidenem Umfang vor.

Im mittleren Helvet transgredierte die Obere Meeresmolasse, deren Klifflinie östlich von Donauwörth in 480 m Höhe liegt. Die Austerbänke und die Foraminiferenfauna deuten auf brackischmarine Fazies. Schon kurze Zeit nach der Transgression kam es zur Ausstüßung und ohne Sedimentationsunterbrechung begann die Ablagerung der Oberen Süsswassermolasse. Eingeschaltete Süsswasserkalke gestatten eine Alterseinstufung in Oberhelvet und Torton.

Die Riesexplosion brachte die zahlreichen, allochthonen Weissjuraschollen, die vor allem im Westen und Norden des Blattgebietes dem autochthonen Untergrund auflagern. In nachriesischer Zeit (Sarmat-Unterpliocän) wurde der Höhengrand von Hafenreut abgesetzt.

Die Beobachtungen über die Lagerungsverhältnisse des Autochthons und Allochthons innerhalb des Blattgebietes führen zu einer starken Annäherung an die Hebungs-Explosions-Hypothese von BRANCA u. FRAAS, die von SCHRÖDER u. DEHM ausgebaut worden ist. Es wird darauf hingewiesen, dass es kaum möglich ist, sämtliche Erscheinungen durch eine einheitliche, zentrale Explosion zu erklären.

LITERATURVERZEICHNIS

- v. AMMON, L.: Die Bahnaufschlüsse bei Fünfstetten am Ries und an anderen Punkten der Donauwörth-Treuchtlinger Linie. Geogn. Jh. 1903, 145-184, 15 Abb., 1 Taf., München 1904
- ANDRES, G.: Die Landschaftsentwicklung der südlichen Frankenalb im Gebiet Hofstetten - Gaimersheim - Wettstetten nördlich von Ingolstadt. - Geol. Bav. 7, 57 S., 8 Abb., 4 Taf., 1 geol. Karte, München 1951
- ANDRITZKY, Gg.: Geologische Untersuchungen im Ries auf Blatt Ebermergen. - Dipl. Arb. Mskr. 50 S., 5 Abb., 1 geol. Karte, München 1959
- BERCKHEMER, F.: Beschreibung wenig bekannter und neuer Ammonitenfaunen aus dem Oberen Weissen Jura Württembergs. - Jh. Ver. vaterl. Naturk. in Württ., 68-80, 1 Abb., 1 Taf., Stuttgart 1922
- BERCKHEMER, F. u. HÖLDER, H.: Ammoniten aus dem Oberen Weissen Jura in Süddeutschland. - Geol. Jb., Beih. 35, 135 S., 89, Abb., 27 Taf., Hannover 1959
- BRANCA, W. u. FRAAS, E.: Das vulkanische Ries bei Nördlingen in seiner Bedeutung für Fragen der allgemeinen Geologie. - Abh. kgl. preuss. Akad. Wiss. 1901, 169 S., 17 Abb., 2 Taf., Berlin 1901
- BREYER, Fr.: Ergebnisse seismischer Messungen auf der süddeutschen Grossscholle im Hinblick auf die Oberfläche des Varistikums. - Z. dtsch. geol. Ges. 108, 21-36, 6 Abb., 2 Tab., Hannover 1956 57
- DEHM, R.: Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet des Blattes Monheim. - N. Jb. Min. etc., Beil. -Bd. 67 B, 139-256, 14 Abb., 1 geol. Karte, Stuttgart 1931
- Zur Gliederung der jungtertiären Molasse in Süddeutschland nach Säugetieren. - N. Jb. Geol. u. Paläont., Mh., 140-152, Stuttgart 1951

- DORN, C.: Beiträge zur Kenntnis der tertiären Ablagerungen des östlichen Vorrieses im Monheimer Gebiet. - N.Jb. Min. etc., Beil.-Bd. 84 B, 129-176, 2 Abb., Stuttgart 1940
- DORN, P.: Palaeogeographie der "Riesbarre". - N.Jb.Min. etc., Beil.-Bd. 77 B, 1-44, 12 Abb., Stuttgart 1937
- DUMORTIER, E. u. FONTANNES, F.: Description des Ammonites de la zone à Ammonites tenuilobatus de Crussol (Ardèche). - Mém.Acad. Lyon, 21, 159 S., 19 Taf., Lyon und Paris 1876
- FAVRE, E.: La zone à Ammonites acanthicus dans les Alpes de la Suisse et de la Savoie. - Abh. Schweiz. Paläont. Ges., 4, 113 S., 9 Taf., Genf 1877
- FONTANNES, F.: Description des Ammonites des calcaires du château de Crussol (Ardèche). Zones à *Oppelia tenuilobata* et *Waagenia beckeri*. IX und 122 S., 13 Taf., Paris und Lyon 1879
- FRITZ, G.K.: Schwammstotzen, Tuberolithe und Schuttbreccien im Oberen Weissen Jura der Schwäbischen Alb. - Arb. Geol. Paläont. Inst. TH Stuttgart, N.F. 13, 118 S., 24 Abb., 5 Taf., Stuttgart 1958
- GEMMELARO, G.G.: Sopra alcune faune giuresi e liasiche della Sicilia. 434 S., 31 Taf., Palermo 1872-82
- HAGN, H.: Paläontologische Untersuchungen am Bohrgut der Bohrungen Ortenburg CF 1001, 1002, 1003 in Niederbayern. - Z. dtsch. geol. Ges. 105, 1953, 324-359, Hannover 1955
- HÖLDER, H.: Die Ammonitengattung *Taramelliceras* im südwestdeutschen Unter- und Mittelmalm. - Palaeontographica 106, Abt. A, 37-153, 182 Abb., Taf. 16-19, Stuttgart 1955
- HÖLDER, H. u. ZIEGLER, B.: Stratigraphische und faunistische Beziehungen im Weissen Jura (Kimeridgien) zwischen Süddeutschland und Ardèche. - N.Jb.Geol. u. Paläont., Abh., 108, 2, 150-214, 8 Abb., Taf. 17-22, Stuttgart 1959

- HÜTTNER, R.: Geologische Untersuchungen im SW-Vorries auf Blatt Neresheim und Wittislingen. - Diss. Mskr. 347 S., 74 Abb., 2 Tab., 10 Taf., Tübingen 1958
- JOOSS, C.H.: Die Schneckenfauna der süddeutsch-schweizerischen Helicidenmergel und ihre Bedeutung für die Altersbestimmung der letzteren. - N.Jb.Min. etc., Beil. - Bd. 49, 185-210, Taf. 11, Stuttgart 1923
- v. KLEIN, A.: Die Conchylien der Süßwasserkalkformationen Württembergs. - Jh.Ver.vaterl.Naturk. Württ. II, 60-116, 2 Taf., Stuttgart 1846
- Die Conchylien die Süßwasserkalkformationen Württembergs. - Jh.Ver.vaterl.Naturk. Württ., IX, 203-224, Taf. 5, Stuttgart 1853
- KRANZ, W.: Der geologische Aufbau und Werdegang des Rieses. - Rieser Heimatbuch, 25-68, 11 Abb., München 1923
- LEMCKE, K.,
v. ENGELHARDT, W. u.
FÜCHTBAUER, H.: Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Westteil der ungefalteten Molasse des süddeutschen Alpenvorlandes. - Geol.Jb., Beih. 11, 109 S., 31 Abb., 72 Tab., 9 Taf., Hannover 1953
- de LORIOL, P.: Monographie paléontologique des couches de la zone à Ammonites tenuilobatus de Baden (Argovie). 3. Partie. - Abh. Schweiz. Paläont. Ges., 5, 77-200, Taf. 13-23, Genf 1878
- MAILLARD, G.: Monographie des Mollusques tertiaires terrestres et fluviatiles de la Suisse. 1. Partie. - Abh. Schweiz. Paläont. Ges., 18, 1891, 1-127, 7 Taf., Genf 1892
- MOOS, A.: Beiträge zur Geologie des Tertiärs im Gebiet zwischen Ulm und Donauwörth. - Geogn. Jh. 37, 1923/24, 167-252, 2 Taf., 1 geol. Karte, München 1925
- NATHAN, H.: Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet des Blattes Möttingen. - N.Jb., Beil. -Bd. 53B, 1925, 31-97, 1 geol. Karte, Stuttgart 1926
- Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet des Blattes Ederheim. - Abh. Geol. Landesunters. Bayer. Oberbergamt, Heft 19, 42 S., 2 Abb., 3 Taf., 1 geol. Karte, München 1935

- NEUMAYR, M.: Die Fauna der Schichten mit *Aspidoceras acanthicum*. - Abh. k. k. geol. Reichsanstalt, 5, Heft 6, 141-258, Taf. 31-43, Wien 1873
- OPPEL, A.: Über jurassische Cephalopoden. - Paläont. Mitt. Mus. kgl. Bayer. Staates 1, 2/3, 127-266, Taf. 40-72, Stuttgart 1862/63
- QUENSTEDT, Fr.A.: Der Jura. 842 S., 100 Taf., Tübingen 1858
- - - - - Die Ammoniten des Schwäbischen Jura. 1140 S., 126 Taf., Stuttgart 1887/88
- REGELMANN, C.: Überschiebungen und Aufpressungen im Jura bei Donauwörth. - Ber. Vers. oberr. geol. Ver. 42, 43-63, 10 Abb., 1 Karte, Karlsruhe 1909
- REICH, H. u.
HORRIX, W.: Geophysikalische Untersuchungen im Ries und deren geologische Deutung. - Geol. Jb., Beih. 19, 119 S., 41 Abb., 1 Taf., Hannover 1955
- ROLL, A.: Geologie der Alb oberfläche. - Jber. oberr. geol. Ver., N.F. 23, 145-162, 5 Abb., Stuttgart 1934
- RUTSCH, F.: Über die fazielle Bedeutung der Crassostreen (*Ostrea* dae, Mollusca) im Helvétien der Umgebung von Bern. - Ecl. 48, 453-464, Basel 1955
- SANDBERGER, Fr.: Die Land- und Stüswasserconchylien der Vorwelt. 1000 S., 36 Taf., Wiesbaden 1870/75
- SCHALK, K.: Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet des Blattes Bissingen. - Geol. Bav. 31, 107 S., 80 Abb., 3 Taf., 1 geol. Karte, München 1957
- SCHNEID, Th.: Die Geologie der fränkischen Alb zwischen Eichstätt und Neuburg a.D.. - Geogn. Jh. 27, 1914, 59-170, Taf. 1-9, und 28, 1915, 1-60, München 1915/16
- SCHRÖDER, J.: Berichte über die Exkursionen im Anschluss an die Hauptversammlung in Stuttgart im August 1926. 6 b. Das Gebiet des südöstlichen Riesrandes. - Z.dtsch. geol. Ges. 78, 1926, B, Monatsberichte 3-5, 266-269, Stuttgart 1927

- SCHRÖDER, J. u.
DEHM, R.: Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet des Blattes Harburg. - Abh. naturw. Ver. Schwaben, 5, 147 S., 1 geol. Karte, Augsburg 1950
- SEEMANN, R.: Versuch einer vorwiegend tektonischen Erklärung des Rieses. - N.Jb.Min. etc., Beil.-Bd. 81 B, 70-214, Stuttgart 1939
- TWENHOFEL, W.H.: Principles of Sedimentation. 673 S., New York, Toronto, London 1950
- WAGNER, G.H.: Kleintektonische Untersuchungen im Gebiet des Nördlinger Rieses. - Diss. Mskr., 86 S., 44 Abb., 14 Fig., 2 Tab., 4 Taf., Bonn 1957
- WAGNER, Wolfg.: Geologisch-stratigraphische Untersuchungen in der südlichen Frankenalb bei Treuchtlingen. - Dipl. Arb. Mskr., München 1958
- WEBER, E.: Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet des Blattes Wemding. - Abh. Naturk. - u. Tiergartenver. Schwaben e.V., H 3, geol.-paläont. Reihe, 2. Heft, 248 S., 15 Abb., 1 geol. Karte, Augsburg 1941
- WEGELE, L.: Stratigraphische und faunistische Untersuchungen im Oberoxford und Unterkimmeridge Mittelfrankens. - Palaeontographica 71, 117-210, 1 Tab., Taf. 25-28, und 72, 1-94, Taf. 1-11, Stuttgart 1929
- WENZ, W.: Fossilium Catalogus, P. 17, Gastropoda extramarina tertiaria, 3387 S., Berlin 1923
- ZIEGLER, B.: Die Sedimentation im Malm Delta der Schwäbischen Alb. - Jber. u. Mitt. oberr. geol. Ver., N. F. 37, 29-55, 7 Abb., Stuttgart 1955
- Monographie der Ammonitengattung *Glochiceras* im epikontinentalen Weissjura Mitteleuropas. - Palaeontographica 110, A, 93-164, 66 Abb., Taf. 10-16, Stuttgart 1958
- ZÖBELEIN, H.K.: Helvetische Landschnecken aus einem Knollenkalk von Riedöschingen (Baden). - Paläont. Z. 28, 155-158, Stuttgart 1954

LEBENS LAUF

Am 29. Juli 1936 wurde ich als Sohn des Masch.Ing. Werner Schetelig und seiner Ehefrau Elsa, geb. Thote, in Hamburg geboren. Wegen einer beruflichen Versetzung meines Vaters verzogen wir im Jahre 1939 nach Lübben/Spreewald und von dort im Oktober 1940 nach München. Hier besuchte ich, abgesehen von der Evakuierungszeit im Chiemgau, von 1942 bis 1946 die Volksschule. Im Herbst 1946 trat ich in das Theresiengymnasium in München ein, das ich bis zur Reifeprüfung im Sommer 1954 besuchte.

Nach dem Abitur begann ich mit dem Wintersemester 1954/55 das Studium der Geologie an der Universität München. Zeitweise war ich als Gasthörer auch an der Technischen Hochschule eingeschrieben. Im Juli 1956 legte ich die Vordiplomprüfung für Geologie ab, der im Mai 1959 die Diplomhauptprüfung folgte.

Meine akademischen Lehrer an der Universität waren die Herren Professoren: G. ANGENHEISTER, L. BRAUNER, R. DEHM, H. FEHN, Gg. FISCHER, K.v. FRISCH, W. GERLACH, R. HUISGEN, E.KRAUS, H. LOUIS, K. MÄGDEFRAU, A. MAUCHER, O. MAULL, G. MENZER, F. NEUMAIER, E. PREUSS, H. REICH, E. WIBERG und die Herren Priv. Doz. Dr. H. HAGN und Dr. W. ZEIL,

an der Technischen Hochschule die Herren Professoren R. GISTL und P. SCHMIDT-THOMÉ, sowie Herr Dr. K. BRUNNACKER.

